第26卷 第5期
2009年10月

工 程 数 学 学 报
CHINESE JOURNAL OF ENGINEERING MATHEMATICS

Vol. 26 No. 5
Oct. 2009

文章编号:1005-3085(2009)05-0819-08

Wolfe 法和 Rosen 法在给水系统参数估计中的应用研究*

丛海兵[1]， 黄廷林[2]， 陆玉蓉[3]

(1- 扬州大学环境科学与工程学院，扬州 225009;
2- 西安建筑科技大学环境与市政工程学院，西安 710055;
3- 扬州扬城水业有限责任公司，扬州 225009)

摘 要: 为了估计给水系统节点流量和节点水压参数，实时模拟给水系统的运行状态，本文建立了参数估计最小二乘数学模型。该模型是带等式、非负约束的非线性优化问题。利用 Wolfe 既约梯度法和 Rosen 投影梯度法求解优化模型，讨论了模型求解步骤，得出了 Rosen 投影梯度法中投影矩阵的快速计算方法。编制了求解模型的计算机程序，应用于实际给水系统的参数估计，估计的节点水压与实测节点水压的平均误差为 1.35m，表明模型及其求解方法是可行的，且 Rosen 法的速度更快。

关键词: 给水系统；参数估计；优化模型；既约梯度法；投影梯度法

分类号: **AMS**(2000) 65K10　　**中图分类号**: O221.2　　**文献标识码**: A

1 给水系统及其参数估计问题

给水系统是由管段和节点两类基本元素组成的水流输送系统，由管段围成的封闭环称为基环，如图 1 所示。节点参数包括节点流量 Q 和节点水压 H。管段参数包括直径 D、长度 L、粗糙度 C、流量 q、流速 v 和水头损失 h，其中 D、L、C 是静态参数，反映了管段的输水能力，可折算成一个参数 S，称为摩阻。管段流速 v、水头损失 h 和节点水压 H 都可以由管段流量 q 和摩阻 S 直接求出，因而不是独立的参数。独立参数只有 Q、q 和 S。各参数之间的关系满足以下几个方程：

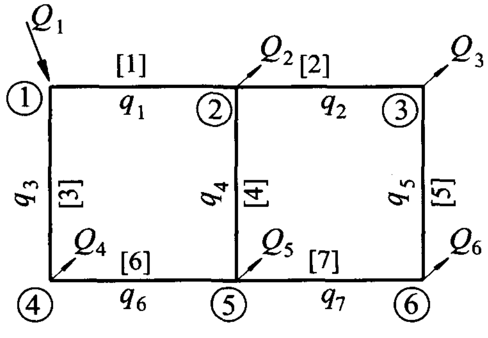

图 1: 给水系统简图

收稿日期: 2007-10-29. **作者简介**: 丛海兵 (1968年1月生)，男，博士，副教授. 研究方向：给水排水工程优化与水处理技术.

***基金项目**: 杨州大学自然科学基金 (SK0513114).

1) 管段方程

管段的水头损失由管段流量和摩阻计算得到

$$h_j = S_j {q_j}^n, \quad j = 1, 2, \cdots, P, \tag{1}$$

其中 P 为管段总数，n 为常数。

2) 节点连续方程

流进节点的流量等于流出节点的流量

$$\sum_{j=1}^{P} a_{ij} q_j = -Q_i, \quad i = 1, 2, \cdots, N, \tag{2}$$

其中 N 为节点总数，a_{ij} 为系数，其取值方法是，当管段 j 与节点 i 相连且流入节点 i 时取 -1，流出节点 i 时取 1，当管段 j 与节点 i 不相连时取 0。Q_i 为节点流量，流出为正，流进为负。

公式 (2) 是由 N 个方程组成的方程组，写成矩阵形式为

$$[A] \cdot [q] = -[Q], \tag{3}$$

其中 $[A]$ 为由系数 a_{ij} 组成的 $N \times P$ 维矩阵，$[q] = [q_1, q_2, \cdots, q_P]^T$，$[Q] = [Q_1, Q_2, \cdots, Q_N]^T$。

方程组 (2)、(3) 中，任何一个方程可由其余 $N-1$ 个方程相加求得，因此方程组 (2)、(3) 中只有 $N-1$ 个独立方程。

3) 环能量方程

在每个基环中，顺时针方向流动的管段水头损失之和，等于逆时针方向流动的管段水头损失之和，若设顺时针方向管段水头损失为正，逆时针方向管段水头损失为负，则基环内所有管段水头损失代数和为零。

$$\sum_{j=1}^{P} L_{lj} (S_j q_j^n) = 0, \quad l = 1, 2, \cdots, L_s, \tag{4}$$

其中 L_s 为基环总数，L_{lj} 为系数，其取值方法是，当管段 j 在基环 l 中且顺时针方向流动时取 1，逆时针方向流动时取 -1，当管段 j 不在基环 l 中时取 0。

上式是由 L_s 个方程组成的方程组，写成矩阵形式为

$$[L] \cdot [Sq^n] = 0, \tag{5}$$

其中 $[L]$ 为由系数 L_{lj} 组成的 $L_S \times P$ 维矩阵，$[Sq^n] = [S_1 q_1^n, S_2 q_2^n, \cdots, S_P q_P^n]^T$。

给水系统的节点数 N、管段数 P 和基环数 L 存在如下关系：$P = N + L - 1$，则方程 (3) 和 (5) 的独立方程总数为 P 个。

若给水系统输入的流量、水压一定，并且已知其余节点的输出流量时，可联立方程 (3)、(5) 式，求得 P 个管段流量 q。再求各管段流速、水头损失和每个节点的水压。这一计算过程称为管网平差。

水压、水量是保证供水服务质量的基础。一个运行良好的给水系统应能够为用户提供充足的水量和适宜的水压，同时使供水成本最小。及时了解给水系统各节点水压、各管段的流速、流量、水力坡降等参数是非常必要的，这将有利于指导给水系统的优化调度，增强运行管理人员的信心；发现管网中存在的问题，为管网的改扩建提供依据。

由于给水系统是一个大型复杂的系统，各节点输出的流量 Q_i 随用户用水量的变化而变化，表现出很强的时变性和不确定性，因而无法利用 (3)、(5) 式计算管段流量及节点水压。目前只

能采用很粗略的方法了解给水系统的运行状态，在给水系统中安装监测仪表，测定管网中部分节点水压和管段流量，并将监测数据实时传送到控制中心。由于监测设备投资大，而管网节点数众多，为了节省投资，只能实测少量的数据，因而对系统状态的了解很不全面。

本文研究的参数估计方法，利用实测的给水系统部分管段流量和节点水压数据，结合静态的管网图形、管段参数数据，反推估计所有节点的用水量、节点水压和管段流量，达到实时模拟给水系统运行状态的目的。

2 给水系统参数估计模型的建立

给水系统参数估计的前提是，已知管网的图形结构和管段摩阻 S，已知某时刻各水源输入水量，实测了管网中部分节点水压 H_{0l} 和管段流量 q_{0j}。参数估计的基本思路和方法是，假设各节点流量 Q_i，使其总和等于各水源供水量之和，利用假设的节点流量通过(3)、(5)式平差计算得所有管段流量 q_j，进而求得所有节点水压 H_l。比较实测点处的计算值 H_l、q_j 与实测值 H_{0l}、q_{0j} 的差别。如果误差较大，说明假设的各节点流量与实际发生的节点流量相差较大，应调整。利用调整后的节点流量再进行平差计算，直至计算值与实测值比较接近，这时的节点流量接近真实的值，此时的节点流量即为参数估计的结果，计算结果即反映了给水系统运行状态的全貌。

为了避免在进行节点流量调整时的盲目性，减小节点流量搜索范围，缩短搜索时间，对节点流量的搜索做一定的约束，使节点流量围绕某一个值搜索。理由是，虽然节点流量是随时变化的，但相对而言，某些节点的流量较大，而另一些节点流量较小，相互间存在一定的比例关系，这种关系在一段时间内变化不是很大，可利用以往的用户水表记录的用水量数据计算各节点流量的比例关系。每次进行状态模拟时，利用实测的总供水量、各节点流量比例关系，粗略计算各节点流量 Q_{0i}，将粗略计算的节点流量作为节点流量的搜索中心。由于粗略计算的节点流量可能存在较大的误差，因此，只能让它对节点流量搜索产生很小的约束力。

由以上分析，建立如下给水系统参数估计的最优化模型

$$\min f(\mathbf{Q}) = \sum_{l=1}^{NH} W_1(l)(H_{0l} - H_l)^2 + \sum_{j=1}^{N_q} W_2(j)(q_{0j} - q_j)^2 + \sum_{i=1}^{N} W_3(i)(Q_{0i} - Q_i)^2 \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{N} Q_i = Q_d, \\ Q_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \cdots, N, \end{cases} \quad (7)$$

其中 $W_1(l)$ 为节点测压参数权重；$W_2(j)$ 为管段测流参数权重；$W_3(i)$ 为节点流量约束权重；NH 为测压节点数；N_q 为测流管段数；N 为管网节点总数；$\mathbf{Q}$ 为节点流量集合，$\mathbf{Q} = [Q_1, Q_2, \cdots, Q_N]^T$；$Q_d$ 为系统总供水量。

测压点节点水压权重 W 是用以反映测量参数的准确度、精确度的权重系数。实际取值时，选定一个准确度、精确度最高的测量参数，令其权重为 1，其余参数权重根据实际情况取小于等于 1 的值。节点流量约束权重 $W_3(i)$ 应取较小的值，其值可取 0.005 左右，这样使节点流量粗略计算值对节点流量搜索的约束很小。

3 优化模型的求解

上节所建立的优化模型 (6)-(7) 是一个具有线性等式约束和非负约束的非线性规划问题，可

用 Wolfe 既约梯度法、Rosen 投影梯度法或罚函数法求解，因前两者针对线性约束的计算效率较高，本文采用前两者。

3.1 Wolfe 既约梯度法

3.1.1 求解步骤

该法首先选定一个节点流量 Q_N 作为基本变量[1]，将其表示成其余 $N-1$ 个节点流量的函数

$$Q_N = Q_d - \sum_{i=1}^{N-1} Q_i,$$

从而消去了等式约束条件。

目标函数关于变量 Q_i 的既约梯度为

$$r_i(Q) = \frac{\partial f}{\partial Q_i} + \frac{\partial f}{\partial Q_N}\cdot\frac{\partial Q_N}{\partial Q_i} = \frac{\partial f}{\partial Q_i} - \frac{\partial f}{\partial Q_N}, \quad i = 1, 2, \cdots, N-1.$$

为了满足非负约束条件，对搜索方向修正如下

$$d_i{}^{(k)} = \begin{cases} -r_i(Q^{(k)}), & \text{当} \quad r_i(Q^{(k)}) < 0, \\ -Q_i^{(k)} r_i(Q^{(k)}), & \text{当} \quad r_i(Q^{(k)}) > 0. \end{cases}$$

由于

$$Q_N = Q_d - \sum_{i=1}^{N-1} Q_i,$$

则有

$$d_N{}^{(k)} = -\sum_{i=1}^{N-1} d_i{}^{(k)},$$

于是得到节点流量迭代公式为

$$Q_i^{(k+1)} = Q_i^{(k)} + t d_i{}^{(k)}, \quad i = 1, 2, \cdots, N, \tag{8}$$

其中 $d_i{}^{(k)}$ 为搜索方向，t 为搜索步长，$t \geq 0$。

为了使新搜索的节点流量 $Q^{(k+1)}$ 满足非负约束，t 应在 $0 \sim t_{\max}$ 之间进行一维寻优，$t_{\max}$ 按下式计算

$$t_{\max} = \min\left\{ -\frac{Q_i^{(k)}}{d_i^{(k)}} \,\middle|\, d_i^{(k)} < 0 \right\}. \tag{9}$$

假设各节点流量，构建一组节点流量的可行解 $Q^{(k)}$，使其总和等于总供水量，进行平差计算，计算目标函数值 f。若 f 值较大，按 (8) 式进行节点流量调整。

设定一个很小的数 $\varepsilon > 0$，当 $d^{(k)} < \varepsilon$ 时，优化计算终止，此时的解集 Q 即为参数估计的最优解。用节点流量 Q 代入方程组 (3)、(5)，求解所有管段流量 q，计算节点水压 H，得到给水系统运行状态模拟结果。

3.1.2 梯度计算

对目标函数关于变量 $Q^{(k)}$ 求一阶偏导数

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial Q_i} = & -\sum_{l=1}^{NH} 2W_1(l)(H_{0l} - H_l^{(k)})\frac{\partial H_l}{\partial Q_i} \\ & -\sum_{j=1}^{N_q} 2W_2(j)(q_{0j} - q_j^{(k)})\frac{\partial q_j}{\partial Q_i} - 2W_3(i)(Q_{0i} - Q_i^{(k)}), \quad i = 1, 2, \cdots, N, \end{aligned}$$

其中 $H_l^{(k)}$、$q_j{}^{(k)}$ 分别为利用 $Q^{(k)}$ 平差计算得到的测压点水压和测流管段流量，$Q_i{}^{(k)}$ 是 $Q^{(k)}$ 的一个分量。

在上式中，比较难计算的是 $\partial H_l/\partial Q_i$ 和 $\partial q_j/\partial Q_i$，可利用 (3)、(5) 式计算，计算方法参见文献 [2]。

3.2 Rosen 投影梯度法

3.2.1 求解步骤

将约束条件 (7) 写成矩阵形式[3]

$$[D]\cdot[Q]=Q_d, \tag{10}$$

$$[B]\cdot[Q]\geq 0, \tag{11}$$

其中 $[D]=[1,1,\cdots,1]$，共 N 个元素；$[Q]=[Q_1,Q_2,\cdots,Q_N]^T$；$[B]$ 为 $N\times N$ 维单位方阵。

由矩阵 $[D]$ 和 $[B]$ 构建矩阵 $[C]$，将 $[D]^T$ 作为 $[C]$ 的第一列。假设在优化计算过程中，在 (11) 式表示的 N 个不等式约束中，有 m 个式子满足等式条件，将 $[B]$ 中与等式约束对应的行向量转置，作为 $[C]$ 的另外 m 个列向量。则 $[C]$ 为 $N\times(m+1)$ 维矩阵。

第 $k+1$ 步节点流量的迭代公式为 $Q^{(k+1)}=Q^{(k)}+t\,d^{(k)}$，$d^{(k)}$ 的最优搜索方向为

$$d^{(k)}=-[P][\nabla f(Q^{(k)})], \tag{12}$$

其中 $d^{(k)}=[d_1^{(k)},d_2^{(k)},\cdots,d_N^{(k)}]^T$；$[P]$ 为投影矩阵，是 N 阶方阵，$[P]=I-[C]([C]^T[C])^{-1}[C]^T$；

$$[\nabla f(Q^{(k)})]=\Big[\frac{\partial f}{\partial Q_1^{(k)}},\frac{\partial f}{\partial Q_2^{(k)}},\cdots,\frac{\partial f}{\partial Q_N^{(k)}}\Big].$$

搜索步长 t 同样应满足 (9) 式的条件。

3.2.2 投影矩阵的快速计算

投影矩阵 $[P]$ 计算的关键是矩阵 $[C]$ 的确定，而确定 $[C]$ 的关键是确定其后 m 列数据。理论上，$[C]$ 的后 m 列数据是从 $[B]$ 中选出的对应于 $Q_i^{(k)}=0$ 的那些行的数据。但是在实际计算过程中，随着迭代的进行，某些节点流量 $Q_i^{(k)}$ 只是趋近于 0，但并不可能等于 0。当 $Q_i^{(k)}$ 足够小时，由 (9) 式计算的 $t_{\max}$ 将很小，这限制了迭代计算前进的步伐，使迭代原地踏步。因此，必须设定一个较小的值 $Q_{\min}$，当 $Q_i^{(k)}$ 小于 $Q_{\min}$ 时认为它近似等于 0，并将该节点流量对应的 $[B]$ 中的那行元素设为 $[C]$ 中的一列元素。经过这种近似简化后，迭代得以进行，收敛速度较快。在后续的计算实例中采用的 $Q_{\min}=2L/s$，约为平均节点流量的 3%。

在迭代计算过程中，$[C]$ 在不断变化，因而需要不断地计算投影矩阵 $[P]$。每次计算投影矩阵时，需要计算 $([C]^T[C])$ 的逆矩阵，计算量很大。经过理论分析发现，$([C]^T[C])$ 的逆矩阵是 $m+1$ 维方阵，可直接采用下式，不需进行计算，使计算速度大幅度提高。

$$([C]^T[C])^{-1}=\begin{bmatrix}\beta & -\beta & -\beta & \cdots & -\beta\\ -\beta & 1+\beta & \beta & \cdots & \beta\\ -\beta & \beta & 1+\beta & \cdots & \beta\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \beta\\ -\beta & \beta & \beta & \beta & 1+\beta\end{bmatrix},$$

其中 $\beta=\dfrac{1}{N-m-1}$，m 是节点流量为 0 的节点个数。

4 应用实例

我们利用上述方法编制了给水系统参数估计的计算机程序，并应用于某城市给水系统参数估计。某大城市给水管网共有167个节点、277个管段、9个供水水源，直径150mm以上管道累计长度1220km，供水面积142km^2。对各段管道的直径、长度、粗糙度等结构参数进行了普查测定，建立了管网拓扑结构模型。为了了解给水系统的运行状况，在某一时刻同时测定了管网中115个节点的水压，并测定了该时刻各水源供水量，总供水量为12076 L/s。

按文献[4]中的方法，从115个已知节点水压中选择了24个节点水压，作为目标函数中的实测节点水压H_{0l}，利用参数估计计算程序模拟出167个节点的水压。将模拟节点水压与已知节点水压进行了对比，结果如表1。

表1: 给水系统参数估计结果(Rosen法) (单位: m)

节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差	节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差	节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差
1	445.99	445.1	0.89	31	442.69	442.7	-0.01	61	440.75	—	—
2	442.33	—	—	32	442.16	442.4	-0.24	62	441.93	441.6	0.33
3	445.06	442.3	2.76	33	442.04	—	—	63	441.77	439.5	2.27
4	441.37	440.9	0.47	34	441.41	441.6	-0.19	64	441.93	439.0	2.93
5	436.65	—	—	35	441.06	441.4	-0.34	65	442.55	—	—
6	436.22	436.0	0.22	36	440.65	439.2	1.45	66	445.41	445.2	0.21
7	443	443.1	-0.1	37	440.48	—	—	67	444	444.0	0
8	453.95	453.6	0.35	38	440.48	439.6	0.88	68	437.99	439.0	-1.01
9	444.87	—	—	39	441.37	442.1	-0.73	69	438.74	437.1	1.64
10	436.04	437.4	-1.36	40	442.83	444.2	-1.37	70	438.96	438.2	0.76
11	444.62	—	—	41	443	442.7	0.3	71	439.14	439.3	-0.16
12	443.99	—	—	42	443.32	440.5	2.82	72	440.02	440.5	-0.48
13	442.23	—	—	43	443.12	440.6	2.52	73	440.32	440.2	0.12
14	443.65	443.2	0.45	44	443.11	—	—	74	441.39	442.8	-1.41
15	436.22	434.7	1.52	45	442.96	441.0	1.96	75	442.98	442.4	0.58
16	436.22	436.3	-0.08	46	441.42	442.7	-1.28	76	443.14	442.2	0.94
17	442.08	—	—	47	440.93	442.8	-1.87	77	443.47	—	—
18	441.46	—	—	48	441.04	—	—	78	443.51	442.1	1.41
19	437.7	440.4	-2.7	49	441.7	442.6	-0.9	79	443.55	—	—
20	442.65	441.6	1.05	50	438.02	436.9	1.12	80	444.18	445.2	-1.02
21	439.45	439.2	0.25	51	438.38	435.6	2.78	81	439.89	439.6	0.29
22	439.14	441.3	-2.16	52	438.96	436.2	2.76	82	441.6	440.7	0.9
23	441.44	440.6	0.84	53	439.19	439.9	-0.71	83	446.78	—	—
24	436.22	437.0	-0.78	54	439.19	439.3	-0.11	84	446.67	445.4	1.27
25	436.94	438.3	-1.36	55	440.42	439.8	0.62	85	445.53	—	—
26	442.01	—	—	56	441.02	439.8	1.22	86	444.27	443.7	0.57
27	440.93	441.5	-0.57	57	442.97	—	—	87	438.19	437.6	0.59
28	441.52	443.8	-2.28	58	443.64	—	—	88	441.01	439.0	2.01
29	443.45	445.2	-1.75	59	443.51	—	—	89	439.24	—	—
30	442.92	440.4	-1.08	60	440.65	—	—	90	439.44	438.8	0.64

(续) 表 1: 给水系统参数估计结果 (Rosen 法) (单位: m)

节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差	节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差	节点编号	模拟节点水压	实测节点水压	水压误差
91	440.43	439.8	0.63	117	445.82	447.8	-1.98	143	451.47	450.5	0.97
92	441.02	442.8	-1.78	118	444.5	445.0	-0.5	144	451.32	452.1	-0.78
93	442.43	—	—	119	444.45	—	—	145	451.6	450.7	0.9
94	442.06	—	—	120	444.25	—	—	146	450.45	451.8	-1.35
95	446.99	447.1	-0.11	121	444.14	442.1	2.04	147	446.45	—	—
96	441.7	440.7	1	122	444.06	441.8	2.26	148	446.66	—	—
97	441.61	440.0	1.61	123	443.82	—	—	149	446.05	—	—
98	441.38	442.0	-0.62	124	443.8	—	—	150	449.23	—	—
99	441.45	443.5	-2.05	125	448.66	—	—	151	449.54	452.5	-2.96
100	441.94	442.7	-0.76	126	448.84	447.5	1.34	152	451.7	453.0	-1.3
101	442.65	—	—	127	441.91	—	—	153	452.02	450.6	1.42
102	442.88	442.6	0.28	128	448.73	449.5	-0.77	154	452.05	451.6	0.45
103	443.35	442.2	1.15	129	447.56	448.7	-1.14	155	449.11	—	—
104	443.45	444.4	-0.95	130	444.98	—	—	156	449.18	—	—
105	443.69	—	—	131	444.46	445.4	-0.94	157	449.52	449.7	-0.18
106	443.69	442.7	0.99	132	449.13	448.5	0.63	158	451.15	452.2	-1.05
107	443.75	446.5	-2.75	133	449.11	446.4	2.71	159	452.24	452.7	-0.46
108	444	—	—	134	449.46	449.9	-0.44	160	452.47	452.5	-0.03
109	447.24	—	—	135	450.23	448.3	1.93	161	449.04	—	—
110	446.76	—	—	136	450.06	447.3	2.76	162	449.05	—	—
111	448.02	—	—	137	450.08	451.9	-1.82	163	452.52	451.2	1.32
112	448.05	—	—	138	447.63	447.4	0.23	164	453	453.6	-0.6
113	448.31	448.3	0.01	139	445.37	—	—	165	453.54	—	—
114	448.93	449.6	-0.67	140	445.02	445.9	-0.88	166	452.89	—	—
115	448.44	448.1	0.34	141	449.72	450.1	-0.38	167	453.94	—	—
116	448.19	446.3	1.89	142	450.55	451.0	-0.45	平均			1.35

两种方法计算结果统计见表 2。总体上看，水压误差较小，能满足管网实时模拟的要求。两种方法的计算过程稳定且收敛，而 Rosen 法计算速度更快。

表 2: 参数估计计算结果统计

	平均水压误差 (m)	最大水压误差 (m)	迭代步数	计算耗时*(s)
Wolfe 法	1.38	3.26	56	96
Rosen 法	1.35	2.96	33	64

注：计算机 CPU 速度为 1.7G，内存为 512M。

5 结论

本文研究给水系统的参数估计问题，主要结果如下：

1) 建立了给水系统参数估计的优化模型，在管网拓扑结构已知的基础上，利用少量的实测节点水压和管段流量，估计所有节点流量，模拟计算管网所有节点的水压，以获得给水系统运行状态的全貌。

2) 讨论了采用 Wolfe 既约梯度法和 Rosen 投影梯度法求解目标函数的方法，编制了计算程序。计算表明，两种方法都是可行的，而 Rosen 法的运行速度更快。

3) 将模拟计算方法应用于某城市给水系统参数估计计算，结果表明，估计的精度较高，计算过程稳定收敛，计算速度较快，能满足给水系统参数估计的需要，为给水系统运行状态实时模拟提供了新的途径。

参考文献：

[1] 薛履中. 工程最优化技术[M]. 天津：天津大学出版社，1988
[2] 丛海兵，黄廷林. 给水管网状态估计的优化方法[J]. 给水排水，2001, 27(9): 34-38
[3] 徐成贤，陈志平，李乃成. 近代优化方法[M]. 北京：科学出版社，2002
[4] 黄廷林，丛海兵. 给水管网测压点优化布置的模糊聚类方法[J]. 中国给水排水，2001, 17(11): 50-52

Application of the Wolfe and Rosen Optimization Algorithms on the Parameter Estimation of Water Supply System

CONG Hai-bing[1], HUANG Ting-lin[2], LU Yu-rong[3]

(1- School of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009; 2- School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055; 3- Water Industry Limited Corporation of Yangzhou City, Yangzhou 225009)

Abstract: In order to simulate the operating state of a water supply system, a least-square mathematic model has been built to estimate node water flow and water pressure head in the water supply system. The model is a nonlinear optimization model with equality and no negative constraints. The Wolfe gradient and the Rosen projection algorithm are used to solve this model. The framework for the model solving has been discussed. A quick method to calculate the Rosen projection matrix has been determined. A program has been developed to solve the model, and is applied to estimate parameters of an actual water supply system. The average difference of node water head between the estimated values and the measured values is 1.35m. This shows that the model and its solving algorithm are feasible. Moreover, we find that the Rosen projection algorithm is quicker than the Wolfe gradient algorithm.

Keywords: water supply system; parameter estimate; optimization model; Wolfe gradient; Rosen projection